

---

# Caractérisation mécanique de l'arbre sur pied cas de Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) : méthode statique

Ayari Nesrine<sup>1</sup>, Morel Stéphane<sup>1</sup>, Coureau Jean-Luc<sup>1</sup>, Cointe Alain<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de mécanique et d'ingénierie (I2M), département Génie Civil et Université de Bordeaux

Nesrine.ayari@u-bordeaux.fr

---

*Résumé : Cet article présente une étude sur la rigidité en flexion statique de 4 arbres de pin maritime. Des essais in situ de treuillages ont été effectués dans une partie localisée en Sud-Ouest. Nous avons sollicité quatre arbres dans huit directions topographiques, pour évaluer la rigidité en flexion statique de la tige du pin maritime et dans le domaine élastique linéaires. Une méthode sans contact (2\*2D) à l'aide de deux caméras a été utilisée pour les mesures des déplacements. Une hétérogénéité de module de Young (MOE) en fonction des directions de traction a été remarqué. La mesure de la flèche de chaque direction de traction et hors le plan de ces directions pour les différentes cibles à différentes hauteurs a permis de montrer le comportement global du tronc. Les mesures à l'aide de la méthode sans contact ont donné l'opportunité de comprendre la façon dont les efforts sont repris par le tronc*

*Abstract: This article presents a study of the rigidity in static bending of four trees of maritime pine. The experimentation of winching is located in Southwest. We stressed four trees in eight topographic direction, to estimate the rigidity in static bending of the trunk of the maritime pine and in the elastic linear domain. A method without contact by means of the two cameras (2\*2D) was used for tracking the target in the trunk. A heterogeneousness of the modulus of elasticity (MOE) according to the direction of traction are significantly remarkable. The measure of the arrow of every direction of traction in the plane and off the plane for the different targets at the different heights allowed to show the global behavior of the trunk.*

*MOTS-CLES : pin maritime, rigidité en flexion de la tige, rigidité en rotation de l'ancrage racinaire, module de Young, treuillage, topographie*

*KEYWORD: maritime pine, rigidity in bending, rigidity in rotation, modulus of elasticity, topographic, winching.*

---

## 1. Introduction

Le changement climatique a engendré des pertes dans la production du bois et a influencé la qualité du bois (caractéristique mécanique). L'évolution de l'adaptation du tronc à des contraintes extérieures environnementale permet un changement de la géométrie de l'arbre. La compréhension de comportement mécanique et de la résistance des pins maritime en sud-ouest est l'objectif de ma thèse.

La compréhension des causes d'endommagement de l'arbre par le vent nécessite une étude sur les conditions limites de l'ancrage racinaire. Cette étude associe deux parties importantes. La première partie est l'étude de la flexion statique de la tige et la rigidité du tronc de 17m de hauteur selon les différentes directions topographiques (fig.1). La deuxième partie nécessite une étude de la résistance au basculement du tronc de 3m de hauteur et à la rigidité en rotation de l'ancrage racinaire (fig.1).

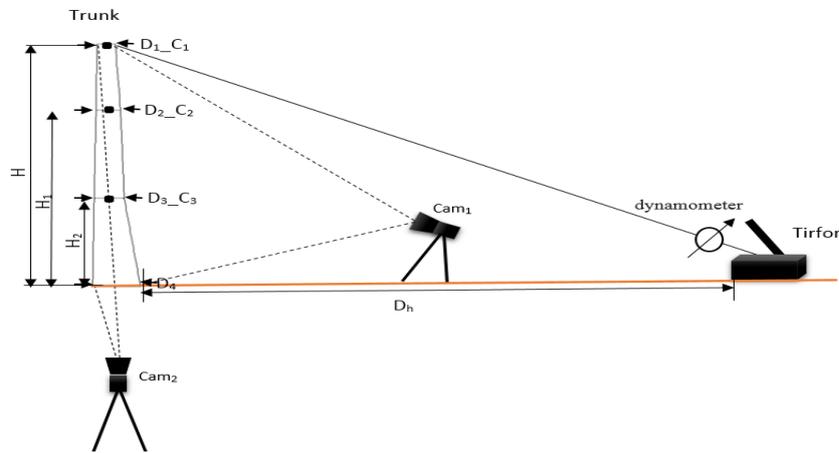
Plusieurs études ont été menées sur la base d'une simulation de l'effet du vent dans une seule direction sous le vent ou la direction du vent [DAN 2015] [FAU 1984]. Nous nous intéressons dans cette étude par les facteurs topographiques locaux qui sont reflétés par la rigidité de l'arbre dans les différentes directions de traction.



**Fig.1.** L'unité expérimental localisé en Sud-Ouest de la France

## 2. Méthodologie

Des essais de sollicitation de l'arbre dans les huit différentes directions topographiques (Nord, Est, Sud, Ouest, Sud\_Est, Sud\_Ouest, Nord\_Est, Nord\_Ouest), permettent de comprendre l'évolution de la rigidité en flexion statique du tronc face au vent. Quatre arbres ont été échantillonnés. Par la suite, nous avons positionné trois cibles à  $H=16$  m,  $H_1= 12$ m et  $H_2= 6$ m au long du tronc (fig.2). Nous avons appliqué l'effort à l'aide d'un tirefort lié par un dynamomètre étalonné et un treuil à une distance horizontale  $D_h$ . Les hauteurs des arbres sont fixées à 17m. Par la suite, deux caméras de haute résolution ont été positionnées avec un angle entre les deux de  $90^\circ$ . Une caméra ( $Cam_2$ ) permet de suivre les déplacements dans le plan de sollicitation et la deuxième caméra ( $Cam_1$ ) permet de suivre les déplacements hors de ce plan de sollicitation. Chaque image de chaque caméra présente un temps et une force mesurée. Les déplacements ont été réalisés dans trois temps et qui correspondent à trois forces successives.

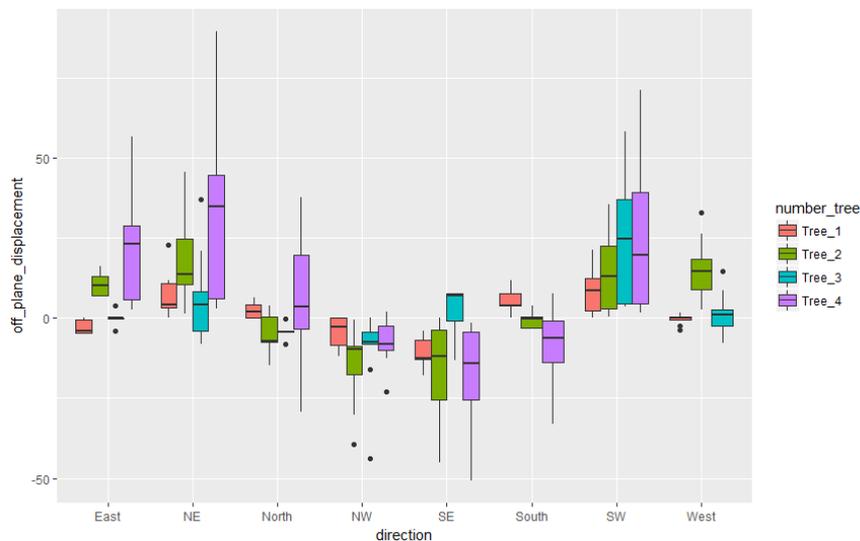


**Fig.2.** Schéma descriptive de l'unité de mesure

### 3. Résultats

Nous avons montrés que le comportement de Pin maritime n'est pas cylindre [GUI 1987], les quantités en déplacements de différentes directions n'ont pas égaux. Les directions en tirant vers le Nord et vers le sud sont les directions les moins rigide pour les directions cardinales et en tirant vers le sud-ouest et vers le nord-est pour les directions polaires. Les deux directions cardinaux sont perpendiculaires à la direction du vent vers l'est [DAN 2015], donc une flexibilité du tronc dans ces deux directions sont significativement remarquable. La repartions des déplacements en fonction des directions de tractions peut aussi montrer l'allocation de la biomasse et la distribution des cernes dans le tronc [BRU 2006]; [CAV 1994]. En revanche, nous avons trouvé un cas particulier d'une légère rigidité dans la direction sous le vent « ouest » qui dépasse la rigidité de la direction du vent « est ».

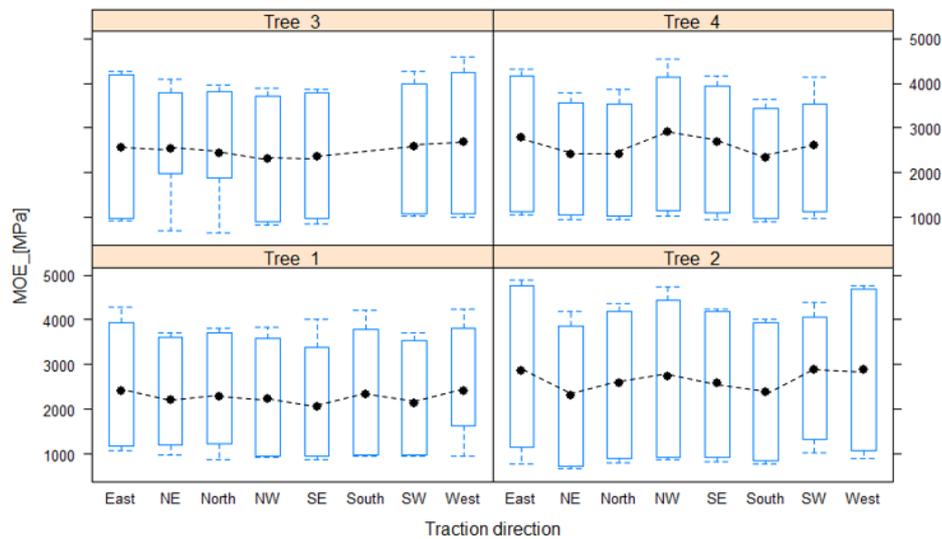
Nous avons mesuré les déplacements hors plan qui correspond au déplacement dans le plan de sollicitation de huit directions de traction (fig.3). Nous avons constaté que les déplacements hors plan sont élevés dans la direction sud-ouest et aussi dans la direction nord-est. Ces deux directions sont des directions topographiquement symétriques, par la suite une dissymétrie de déplacement hors plan est remarquable dans ces deux directions. Moins de déplacement hors plan sont dans les directions cardinaux (nord/sud/ouest). Nous constatons ici que les déplacements hors plan sont les déplacements liés à la rotation de l'ancrage racinaire.



**Fig.3.** Les déplacements hors plan en fonction de huit directions de traction pour chaque arbre

Nous avons trouvé un module de Young faible qui sont compris entre 660,38 MPa et 4876,29 MPa. Le module de young est estimé sur pied et sur-écorce. Pour cette raison, le module de Young est faible par rapport à des normes approximatives de 7 000 à 11 000 MPa [GUI 1987]. Une forte variabilité de module de Young est

remarquable pour chaque arbre. Si on s'intéresse à comparais les différentes MOE de chaque direction de traction pour chaque arbre (fig.4), nous remarquons que la moyenne de module de Young des pins maritimes sont hétérogènes.



**Fig.4.** Les modules de Young (MOE) de chaque direction de traction et pour chaque arbre

#### 4. Conclusion

Par la rapidité de mise en œuvre d'une méthode de mesure rapide, efficace et robuste présent un avantage pour la détermination des déplacements par la suite le module de Young. Cette présente étude nous a permis de montrer la rigidité de 4 arbres de pin maritime échantillonné et sollicité dans 8 direction de tractions. Une rigidité est estimée à partir de trois hauteur différentes. Un module de Young a été estimé pour chaque arbre et pour les 8 directions de traction. Nous avons étudié l'arbre individuel et en fonction de sa position topographique locale introduite par le tronc et qui est reflété par la rigidité du tronc.

Nous avons effectué un premier objectif pour comprendre le comportement des pins maritime face au vent à partir des essais de treuillage dans le domaine élastique. Nous allons aborder pour une deuxième partie une étude sur l'estimation de la rigidité en rotation de l'ancrage racinaire pour définir le point d'encastrement et libérer les déplacements liés à l'ancrage racinaire (phase plastique/endommagement). Une meilleure compréhension de l'arbre sur pied nous permettrons d'améliorer la production et la qualité du bois à exploiter.

#### 5. Bibliographie

- [BRY 2006] BRUCHERT, F., GARDINER, B. "The effect of wind exposure on the tree aerial architecture and biomechanics of sitka spruce (*Picea Sitchensis*, Pinaceae)". *Am. J. Bot.* vol. 93, 2006, p.1512–1521.
- [CAV 1994] CAVE, I, Walker, J.C. Stiffness of wood in fast-grown plantation softwoods: The influence of microfibril angle. *ProdJ* vol 44, 1994, p.43–48.
- [DAN 2015] DANQUECHIN DORVAL, A. Architecture racinaire et stabilité chez le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) au stade jeune, Thèse de Université de Bordeaux, Bordeaux, 2015.
- [FAU 1987] FAURE, A., PELLET, J. Détermination des efforts exercés par le vent sur un arbre. *Agronomie* vol 4, 1984, p.83–90.
- [GUI 1987] GUITARD, D. Mécanique du matériau bois et composites. Cépadues Ed., Nabl, 1987.